



18 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 43 128 A 1

6 Int. Cl. 7:  
G 01 R 33/07

21 Aktenzeichen: 199 43 128.0  
22 Anmeldetag: 9. 9. 1999  
43 Offenlegungstag: 12. 4. 2001

DE 199 43 128 A 1

71 Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

74 Vertreter:

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 81479  
München

72 Erfinder:

Hohe, Hans Peter, Dr.-Ing., 91332 Heiligenstadt, DE;  
Weber, Norbert, Dr.-Ing., 91367 Weißenhohe, DE;  
Sauerer, Josef, Dipl.-Ing., 91074 Herzogenaurach,  
DE

59 Entgegenhaltungen:

EP	05 48 391 B1
EP	07 04 710 A1
WO	99 21 023 A1
EE	43 02 342 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung

57 Eine Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung umfaßt ein erstes und wenigstens ein weiteres Paar von Hall-Sensorelementen, wobei jedes Hall-Sensorelement vier Anschlüsse aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms und ein zweiter und ein vierter Anschluß als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung vorgesehen sind. Die Hall-Sensorelemente sind derart angeordnet, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind, wobei die Hall-Sensorelemente des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebsstromrichtungen gegenüber den Betriebsstromrichtungen des ersten Paares von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen 90°/n winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und  $n \geq 2$  ist. Die ersten Anschlüsse, die dritten Anschlüsse, die zweiten Anschlüsse und die vierten Anschlüsse der Hall-Sensorelemente sind jeweils elektrisch miteinander verbunden, wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen ersten und dritten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen der Betriebsstrom zuführbar ist, und wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und vierten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen die Hall-Spannung meßbar ist.

DE 199 43 128 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf Hall-Sensoren und insbesondere die Anordnung und Ansteuerung mehrerer Hall-Sensorelemente in einer Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung.

Ein einzelnes Hall-Sensorelement ist im allgemeinen aus einem n-dotierten aktiven Halbleiterbereich auf einem p-dotierten Halbleitersubstrat aufgebaut. Der n-dotierte aktive Bereich ist üblicherweise über vier Kontaktelektroden bzw. Kontaktanschlüsse, die diagonal gegenüberliegend in dem aktiven Bereich angeordnet sind, mit einer externen Ansteuerlogik verbunden. Die vier Kontaktelektroden des Hall-Sensorelements unterteilen sich in zwei gegenüberliegende Steuerstromkontaktelektroden, die vorgesehen sind, um einen Stromfluß durch den aktiven Bereich zu erzeugen, und ferner in zwei gegenüberliegende Spannungsabgriffkontaktelektroden, die vorgesehen sind, um eine Hall-Spannung, die bei einem anliegenden Magnetfeld senkrecht zu dem Stromfluß in dem aktiven Bereich auftritt, als Sensorsignal abzugreifen.

Aus der Europäischen Patentschrift EP-0548391 B1 ist eine Hall-Sensoranordnung bekannt, bei der zwei oder vier Hall-Sensorelemente zur Kompensation des Störeinflusses einer bestimmten Kristallrichtung verwendet werden. Die einzelnen Hall-Sensorelemente sind um einen bestimmten Winkel zueinander gedreht, der zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  liegt. Der Winkel ist dabei entsprechend der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials gewählt.

Bekanntermaßen treten bei den Herstellungsprozessen von Halbleiterstrukturen produktionsbedingt häufig Inhomogenitäten oder Störungen in dem Halbleitermaterial des aktiven Bereichs auf. Diese Inhomogenitäten lassen sich auch mit aufwendigen Herstellungsverfahren nicht vollständig vermeiden. Diese Inhomogenitäten sind häufig ein Grund für das Auftreten eines Offsets des Sensorsignals. Das heißt, an den Kontaktelektroden, an denen die Hall-Spannung abgegriffen wird, wird auch dann ein Sensorsignal erfaßt, wenn kein Magnetfeld an dem aktiven Bereich anliegt. Dieses störende Sensorsignal wird als der Offset des Sensornutzsignals oder einfach auch als Offset-Signal bezeichnet. Durch die starke Abhängigkeit des Offset-Signals von den Inhomogenitäten treten bei herkömmlichen Hall-Sensorelementen große Exemplarstreuungen auf. Ferner wird die Empfindlichkeit und die Meßgenauigkeit der Hall-Sensoren stark beeinträchtigt. Aus diesem Grund ist eine Offset-Kompensation und eine korrekte Auswertung der Sensorsignale im allgemeinen mit einem großen schaltungstechnischen Aufwand verbunden.

Eine weitere Problematik bei Hall-Sensoranordnungen stellen die sogenannten Piezoeffekte dar, die stark von der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials abhängig sind. Die Piezoeffekte können durch mechanische Verspannungen, die aufgrund äußerer Kräfte (z. B. durch das Gehäuse) hervorgerufen werden, oder durch mechanische Spannungen im Kristallgefüge des Halbleitermaterials ein beträchtliches Offset-Signal hervorrufen. Man hat versucht, diese Problematik zu überwinden, indem entweder die Hall-Sensoranordnung an die Kristallrichtung des Halbleitermaterials angepaßt wurde oder indem die Piezoeffekte durch eine geeignete Wahl der Stromrichtungen im Halbleitermaterial in Abhängigkeit von der Kristallrichtung kompensiert wurden. Diese Maßnahmen haben jedoch zur Folge, daß die Herstellungsprozesse dieser Hall-Sensoranordnungen sehr aufwendig sind, da sowohl die Kristallausrichtung der Halbleiteroberfläche als auch die Ausrichtung der Hall-Sensorelemente zueinander und bezüglich der Kri-

stallorientierung beachtet werden müssen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine verbesserte und weniger aufwendig herstellbare Hall-Sensoranordnung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch eine Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung, die ein erstes und wenigstens ein weiteres Paar von Hall-Sensorelementen umfaßt, wobei jedes Hall-Sensorelement vier Anschlüsse aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms und ein zweiter und ein vierter Anschluß als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung vorgesehen sind. Die Hall-Sensorelemente sind derart angeordnet, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen  $90^\circ$  zueinander winkelmäßig versetzt sind, wobei die Hall-Sensorelemente des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebsstromrichtungen gegenüber den Betriebsstromrichtungen des ersten Paares von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen  $90^\circ/n$  winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und  $n \geq 2$  ist. Die ersten Anschlüsse, die dritten Anschlüsse, die zweiten Anschlüsse und die vierten Anschlüsse der Hall-Sensorelemente sind jeweils elektrisch miteinander verbunden, wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen ersten und dritten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen der Betriebsstrom zuführbar ist, und wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und vierten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen die Hall-Spannung meßbar ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der in einer Hall-Sensoranordnung auftretende Offset-Anteil des Sensorsignals durch die oben ausgeführte geometrische Anordnung der einzelnen Hall-Sensorelemente der Paare und der Verschaltung der Anschlüsse stark verringert und somit bereits ein vorkompensiertes Offset-Signal geliefert werden kann. Durch die erfindungsgemäße Anordnung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente kann eine Unabhängigkeit der erfaßten Hall-Spannung von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials erreicht werden.

Besondere Bedeutung hat die erfindungsgemäße geometrische Anordnung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente vor allem für den sogenannten "Spinning-Current"-Betrieb. Der Spinning-Current-Betrieb besteht darin, daß die Meßrichtung ständig mit einer bestimmten Taktfrequenz um beispielsweise  $90^\circ$  zyklisch weitergedreht wird, d. h. der Betriebsstrom fließt von einer zu der gegenüberliegenden Kontaktelektrode, wobei die Hall-Spannung an den quer dazu liegenden Kontaktelektroden abgegriffen wird, woraufhin dann beim nächsten Zyklus, d. h. der nächsten Meßphase, die Meßrichtung um  $90^\circ$  weitergedreht wird. Die in den einzelnen Meßphasen gemessenen Hall-Spannungen werden durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion ausgewertet, wobei der in der einzelnen Meßphase noch enthaltene Offset weiter reduziert werden kann bzw. sich die Offset-Spannungen bei einem Umlauf annähernd gegenseitig aufheben sollen, so daß die echt magnetfeldabhängigen Anteile des Hall-Signals übrig bleiben.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Orientierung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente ist es somit nicht mehr notwendig, die Kristallrichtung des Halbleitermaterials zu berücksichtigen, wodurch der Einfluß der von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials abhängigen Piezoeffekte auf die erfaßte Hall-Spannung im wesentlichen vollständig

beseitigt werden kann.

Da die starke Abhängigkeit des Offset-Signals sowohl von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials als auch von den Inhomogenitäten oder Störungen im Halbleitermaterial durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung im wesentlichen beseitigt ist, wird eine beträchtliche Erhöhung der Empfindlichkeit und der Meßgenauigkeit durch diese Hall-Sensoranordnung erreicht. Aus diesem Grund kann der schaltungstechnische Aufwand, der für eine korrekte Auswertung und Weiterverarbeitung der Sensorsignale erforderlich ist, bei der Hall-Sensoranordnung der vorliegenden Erfindung niedrig gehalten werden.

Aufgrund der verbesserten Empfindlichkeit und Meßgenauigkeit entsprechend dem niedrigeren Offset-Anteil des Sensorsignals der Hall-Sensoranordnung erhöht sich ferner die nutzbare Auflösung der erfaßten Hall-Spannung.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß der Schaltungsaufwand der Hall-Sensoranordnung weiter verringert werden kann, da durch die untereinander feste Verschaltung der Hall-Sensorelemente eine gemeinsame Betriebsstromeinprägung in alle Hall-Sensorelemente und ein gemeinsamer Abgriff aller Hall-Signale der Hall-Sensorelemente verwendet werden kann. Dadurch wird vermieden, daß sowohl die Betriebsströme in jedes Sensorelement einzeln eingespeist als auch die Hall-Spannungen jedes Sensorelements getrennt erfaßt werden müssen. Dadurch lassen sich zusätzliche Schaltungskomponenten, z. B. zusätzliche Schalter, Stromquellen, Zuleitungen usw., vermeiden. Ferner kann die Komplexität der Auswerteschaltung niedrig gehalten werden.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung einer Hall-Sensoranordnung mit vier Hall-Sensorelementen gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2a-c prinzipielle Darstellungen weiterer alternativer geometrischer Ausführungen und Anordnungen der Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 3a-b prinzipielle Darstellungen weiterer alternativer geometrischer Anordnungen der Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung.

Bezugnehmend auf Fig. 1 wird nun im folgenden der allgemeine Aufbau einer Hall-Sensoranordnung mit zwei Paaren von Hall-Sensorelementen dargestellt.

Auf einem Halbleitersubstrat, das vorzugsweise p-dotiert ist, sind vorzugsweise vier rechteckige, aktive Halbleiterbereiche aufgebracht, die im allgemeinen n-dotiert sind. Vorzugsweise in den Ecken der n-dotierten aktiven Bereiche sind Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 angeordnet, die im allgemeinen durch eine n<sup>+</sup>-Dotierung erhalten werden. Die Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 sind in dem n-dotierten aktiven Bereich jeweils diagonal gegenüberliegend angeordnet, wobei zwei Kontaktelektroden K1, K3 zur Betriebsstromzuführung und die anderen beiden Kontaktelektroden K2, K4 zum Hall-Spannungsabgriff vorgesehen sind. Die aktiven Bereiche bilden die einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B, wobei bei der in Fig. 1 dargestellten Hall-Sensoranordnung mit vier Hall-Sensorelementen jeweils die Hall-Sensorelemente 1A, 1B und die Hall-Sensorelemente 2A, 2B ein Hall-Sensorelementpaar bilden.

In Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die zwei Hall-Sensorelementepaare in einem Viereck platziert sind, wobei die einzelnen Paare der Hall-Sensorelemente jeweils diagonal angeordnet sind. Es ist jedoch auch möglich, die beiden Hall-Sensorelemente eines Paares in der Hall-Sensoranordnung untereinander oder auch nebeneinander zu platzieren.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung sind jeweils die Kontaktelektroden K1, die Kontaktelektroden K2, die Kontaktelektroden K3 und die Kontaktelektroden K4 der einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B untereinander parallel geschaltet und ohne dazwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet. Bei der vorliegenden Darstellung bilden die Kontaktelektroden K1 und die Kontaktelektroden K3 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Stromeinprägungskontakte, wohingegen die Kontaktelektroden K2 und die Kontaktelektroden K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung liefern. Die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms und die Kontaktelektroden zur Erfassung einer Hall-Spannung sind in den einzelnen Hall-Sensorelement derart angeordnet, daß die Stromrichtung des eingepprägten Betriebsstroms jeweils senkrecht zu der Richtung der abgegriffenen Hall-Spannung ist.

Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung sind die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares jeweils um 90° zueinander gedreht. Die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares sind gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares um einen Winkel von 45° versetzt.

Bei der praktischen Ausführung der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung kann der Winkel, um den die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares zueinander gedreht sind, auch von dem Idealwert von 90° abweichen und in einem Bereich von z. B. 80° bis 100° liegen, wobei Winkel in diesem Bereich im Sinne der vorliegenden Erfindung als Winkel von im wesentlichen 90° angesehen werden. Dies gilt auch für den Winkel, um den die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares versetzt sind, der beispielsweise in einem Bereich von 40° bis 50° gewählt werden kann und folglich im wesentlichen 45° beträgt. Es ist jedoch zu beachten, daß die erzielte Offset-Kompensation der Hall-Sensoranordnung bei einer steigenden Abweichung von den als optimal erachteten Idealwinkeln, die 90° bzw. 45° betragen, abnehmen kann.

Die untereinander fest verschalteten Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B sind mit Schaltern S1, S2, S3, S4 verbunden, die jeweils zwischen vier Positionen, d. h. zwischen den Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4, umgeschaltet werden können. Mit den Schaltern S1, S2, S3, S4 können die Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 in den einzelnen Meßphasen der Hall-Sensoranordnung als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms  $I_{\text{Betrieb}}$  oder als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung  $U_{\text{Hall}}$  jeweils gemeinsam umgeschaltet werden.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung (nicht explizit dargestellt) kann darin bestehen, daß mehr als zwei Paare von Hall-Sensorelementen verwendet werden. Dabei sind auch in diesem Fall die Stromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen eines jeden Paares jeweils um im wesentlichen 90° zueinander gedreht. Auch hier müssen die beiden Hall-Sensorelemente eines Paares geometrisch gleich und bezüglich der Abmessungen der Hall-Sensorelemente eng benachbart sein, und können in der Gesamt-Sensoranordnung untereinander, nebeneinander oder in einer Diagonalen angeordnet sein. Die Stromrichtungen der mindestens zwei Hall-Sensorelementepaare sind jeweils untereinander um den Winkel von im wesentlichen 90°/n gedreht, wobei n die Anzahl der insgesamt verwendeten Hall-Sensorelement-Paare ist, wobei gilt  $n \geq$

2. Wenn beispielsweise drei Hall-Sensorelement-Paare verwendet werden, sind die Stromrichtungen der einzelnen Hall-Sensorelementpaare somit um einen Winkel von im wesentlichen  $30^\circ$  untereinander versetzt. Die Elementpaare der Sensoranordnung sind entweder nebeneinanderliegend oder in der Nebendiagonalen angeordnet, wobei sich die Hall-Sensorelemente paarweise möglichst nahe aneinander befinden.

Auch bei dieser Anordnung sind sowohl die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms  $I_{\text{Betrieb}}$  (oder einer Versorgungsspannung) als auch die Kontaktelektroden zum Abgreifen der Hall-Spannung  $U_{\text{Hall}}$  parallel geschaltet und ohne dazwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet.

Durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung mit zwei Paaren von Hall-Sensorelementen, siehe Fig. 1, oder auch mit mehreren Paaren von Hall-Sensorelementen entsteht aufgrund der geometrischen Platzierung der Hall-Sensorelemente bereits in jeder Meßphase ein vorkompensiertes Offset-Signal. So kann beispielsweise ein nachfolgender Verstärker mit einer höheren Verstärkung ausgeführt werden, weil derselbe nicht so schnell in eine Sättigung gehen kann. Der in den einzelnen Meßphasen noch enthaltene vorkompensierte Offset-Anteil der Sensorsignale wird durch die zyklische Umschaltung (z. B. Spinning-Current-Betrieb) der Betriebsstromrichtungen und durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion der Signale der einzelnen Meßphasen während des Spinning-Current-Betriebs noch weiter reduziert, da die eingangs beschriebenen Offset-Anteile des Sensorsignals aufgrund von Inhomogenitäten oder von Verspannungen im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Dabei ist die angegebene geometrische Anordnung der Sensoren dahingehend von Vorteil, daß der Offset-Anteil eines einzelnen Hall-Sensorelements mit nur vier Anschlüssen kleiner ist als der eines Hall-Sensorelements mit einer anderen Geometrie, z. B. mit acht Kontaktelektroden. Daher verbleibt nach der zyklischen Umschaltung und Gewichtung ebenfalls ein kleinerer resultierender Offset-Anteil. Aufgrund der geometrischen Anordnung der Hall-Sensoranordnung und unter Verwendung des Spinning-Current-Verfahrens liefert die erfindungsgemäße Anordnung eine Hall-Spannung mit äußerst niedrigem Offset-Anteil, wobei die sich ergebende Hall-Spannung unabhängig von der beim Herstellungsprozeß der Hall-Sensoranordnung verwendeten Kristallrichtung bzw. von der Orientierung der Hall-Sensorelemente zu dieser Kristallrichtung ist.

Üblicherweise ist die Hall-Sensoranordnung als monolithisch integriertes Bauelement ausgeführt, wobei in dem Bauelement neben der Hall-Sensoranordnung auch einer Stromversorgung für die Hall-Sensorelemente als auch eine elektronische Auswerteschaltung für die Hall-Spannung untergebracht sein können. Die Herstellung dieser Schaltungsanordnung wird im allgemeinen unter Verwendung von üblichen Silizium-Halbleitertechnologien mit bekannten Bipolar- oder MOS-Herstellungsprozessen durchgeführt. Durch die erfindungsgemäße Anordnung können die bekannten Nachteile, die Silizium als Hall-Sensorelementmaterial zugeordnet sind, d. h. eine geringe Hall-Empfindlichkeit und der große Einfluß des Piezo-Effekts, der zu dem Offset-Anteil des Sensorsignals führt, als auch der Einfluß von Inhomogenitäten im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Parallelschaltung der jeweiligen Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der einzelnen Hall-Sensorelemente sind bei der vorliegenden Hall-Sensoranordnung insgesamt nur vier Ausgangsverbindungen vorgesehen, die ohne größeren Schaltungsaufwand für die ein-

zelnen Meßphasen einfach umgeschaltet und mit der nachfolgenden Auswertelektronik verbunden werden können. Aufgrund dieser festen Verdrahtung ist es zusätzlich zu den oben beschriebenen Vorteilen hinsichtlich einer verbesserten Offset-Kompensation außerdem möglich, den erforderlichen Schaltungsaufwand gering zu halten, wodurch eine einfachere und damit kostengünstigere Herstellung dieser Hall-Sensoranordnungen gegenüber herkömmlichen Hall-Sensoren erreicht werden kann.

Im folgenden sind zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Konzepts einige weitere unterschiedliche Anordnungsmöglichkeiten für die Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung beispielhaft dargestellt. Es ist zu beachten, daß die Hall-Sensorelemente eines Paares untereinander jeweils geometrisch gleich sein müssen, wobei sich aber die Hall-Sensorelemente unterschiedlicher Paare in der Geometrie unterscheiden können. Dadurch kann eine weitere Optimierung für den jeweiligen Anwendungsfall bzw. den Anwendungsbereich der Hall-Sensoranordnung durchgeführt werden.

In Fig. 2a sind die Hall-Sensorelementpaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils nebeneinander angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare die gleiche geometrische Form aufweisen.

In Fig. 2b sind die Hall-Sensorelementpaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils nebeneinander angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare eine unterschiedliche geometrische Form aufweisen.

In Fig. 2c sind die Hall-Sensorelementpaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils diagonal angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare eine unterschiedliche geometrische Form aufweisen.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit für die geometrische Anordnung der einzelnen Hall-Sensorelementpaare besteht darin, die Hall-Sensorelemente so zu platzieren, daß bezüglich der Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensorelemente eine Kreissymmetrie vorliegt.

Eine beispielhafte geometrische Anordnung für zwei Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B und 2A, 2B ist in Fig. 3a dargestellt. Verbindungslinien L1, L2 stellen jeweils die gedachte Verbindung zwischen den geometrischen Mittelpunkten der beiden Hall-Sensorelemente eines Paares dar. Die Verbindungslinien L1, L2 der beiden Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B und 2A, 2B schneiden sich in einem Punkt M, der den geometrischen Mittelpunkt der gesamten Hall-Sensoranordnung darstellt. Bei dieser geometrischen Anordnung liegen die Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 1B und 2A, 2B symmetrisch auf einer gedachten Kreislinie U, deren Mittelpunkt der Punkt M ist.

In Fig. 3b ist eine beispielhafte geometrische Anordnung für drei Paare von Hall-Sensorelementen dargestellt. Verbindungslinien L1, L2, L3 stellen jeweils die gedachte Verbindung zwischen den geometrischen Mittelpunkten der beiden Hall-Sensorelemente eines Paares dar. Die Verbindungslinien L1, L2, L3 der drei Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B schneiden sich in einem Punkt M, der den geometrischen Mittelpunkt der gesamten Hall-Sensoranordnung darstellt. Bei dieser geometrischen Anordnung liegen die Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B symmetrisch auf einer gedachten Kreislinie U, deren Mittelpunkt der Punkt M ist.

Alle im vorhergehenden dargestellten Hall-Sensoranordnungen liefern die im vorhergehenden beschriebenen Vorteile bezüglich des verringerten Schaltungsaufwands als auch bezüglich der verbesserten Offset-Eigenschaften.

## Patentansprüche

1. Hall-Sensoranordnung mit folgenden Merkmalen:  
einem ersten (1A, 1B) und wenigstens einem weiteren  
Paar (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) von Hall-Sensorele-  
menten, 5  
wobei jedes Hall-Sensorelement (1A, 1B, 2A, 2B; 1A,  
1B, 2A, 2B, 3A, 3B) vier Anschlüsse (K1, K2, K3, K4)  
aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß  
(K1, K3) als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines  
Betriebsstroms ( $I_{\text{Betrieb}}$ ) und ein zweiter und ein  
vierter Anschluß (K2, K4) als Meßanschlüsse zur Er-  
fassung einer Hall-Spannung ( $U_{\text{Hall}}$ ) vorgesehen sind,  
wobei die Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A,  
1B, 2A, 2B, 3A, 3B) derart angeordnet sind, daß die  
Stromrichtungen des Betriebsstroms ( $I_{\text{Betrieb}}$ ) in den  
zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesent-  
lichen  $90^\circ$  zueinander winkelmäßig versetzt sind,  
wobei die Hall-Sensorelemente (2A, 2B; 2A, 2B, 3A,  
3B) des wenigstens einen weiteren Paares derart ange-  
ordnet sind, daß ihre Betriebsstromrichtungen gegen-  
über den Betriebsstromrichtungen des ersten Paares (1A,  
1B) von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen  
 $90^\circ/n$  winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamt-  
zahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und  $n \geq 2$  25  
ist, und  
wobei die ersten Anschlüsse (K1), die dritten An-  
schlüsse (K3), die zweiten Anschlüsse (K2) und die  
vierten Anschlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente (1A,  
1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) jeweils elektrisch 30  
miteinander verbunden sind, wodurch über die elek-  
trisch miteinander verbundenen ersten und dritten An-  
schlüsse (K1, K3) aller Hall-Sensoranordnungen der  
Betriebsstrom ( $I_{\text{Betrieb}}$ ) zuführbar ist, und wodurch über  
die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und 35  
vierten Anschlüsse (K2, K4) aller Hall-Sensoranord-  
nungen (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) die  
Hall-Spannung ( $U_{\text{Hall}}$ ) meßbar ist.
2. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1, bei der  
die ersten Anschlüsse (K1), die dritten Anschlüsse 40  
(K3), die zweiten Anschlüsse (K2) und die vierten An-  
schlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A,  
2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) jeweils durch eine feste  
Verdrahtung elektrisch miteinander verbunden sind.
3. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, 45  
bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des  
zweiten Paares jeweils nebeneinanderliegend angeord-  
net sind.
4. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2,  
bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des 50  
zweiten Paares in einer Diagonalen angeordnet sind.
5. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche  
1 bis 4, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und  
des zweiten Paares bezüglich der Abmessungen der  
Hall-Sensorelemente eng benachbart zueinander ange- 55  
ordnet sind.
6. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche  
1 bis 5, die ferner Schalter (S1, S2, S3, S4) aufweist,  
wobei die Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) der Hall-Sen-  
sorelemente (1A, 1B, 2A, 2B) mit den Schaltern (S1, 60  
S2, S3, S4) verbunden sind, so daß die Versorgungsan-  
schlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms ( $I_{\text{Betrieb}}$ )  
und die Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Span-  
nung ( $U_{\text{Hall}}$ ) von einer Messung zu einer folgenden  
Messung um  $90^\circ$  umschaltbar sind. 65
7. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche  
1 bis 6, die ferner eine Steuereinrichtung aufweist,  
durch die die Schalter (S1, S2, S3, S4) so ansteuerbar

sind, daß die Hall-Sensoranordnung im Spinning-Cur-  
rent-Betrieb betreibbar ist.

8. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche  
1 bis 7, bei der die Hall-Sensorelemente eines Paares  
geometrisch gleich ausgeführt sind.

9. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche  
1 bis 8, bei der die Hall-Sensorelemente unterschiedli-  
cher Paare geometrisch unterschiedlich ausgeführt  
sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

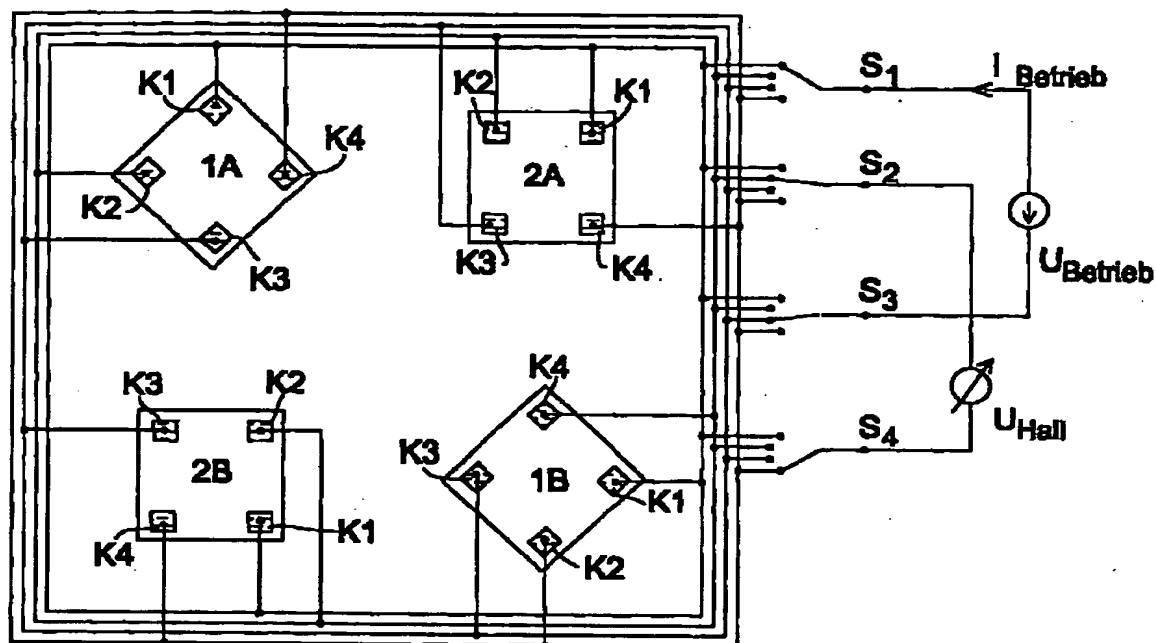


Fig. 1a

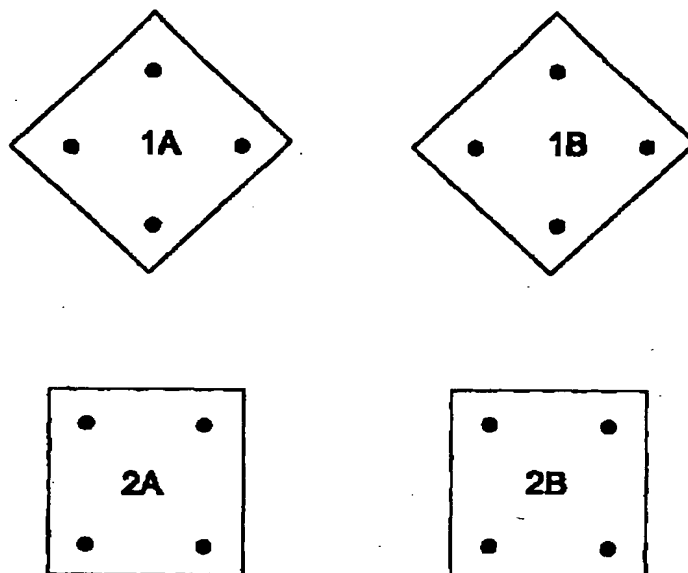


Fig. 2a

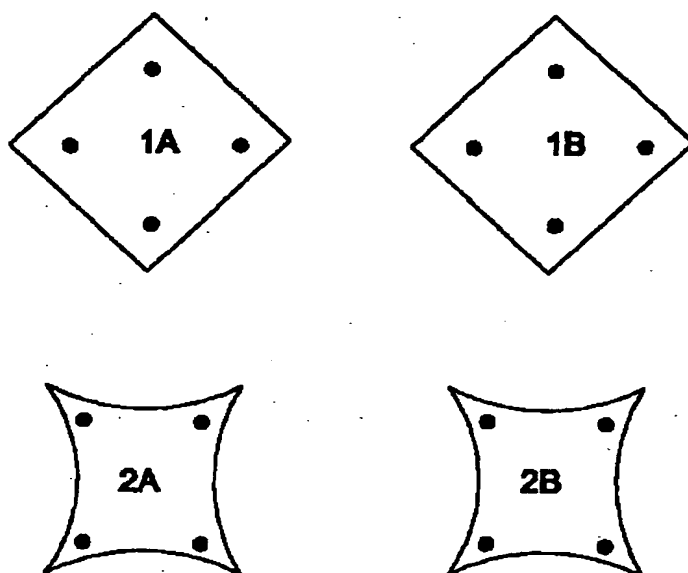


Fig. 2b

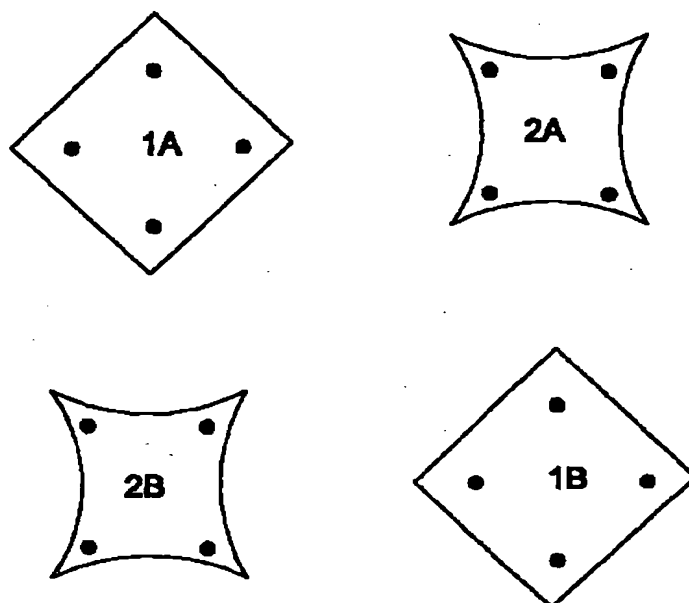


Fig. 2c



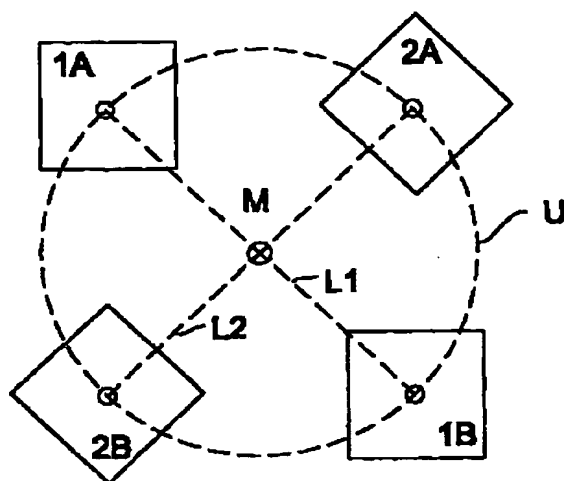


Fig. 3a

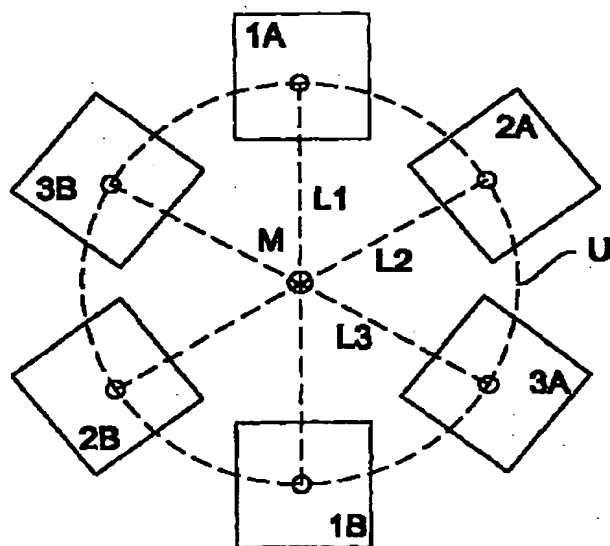


Fig. 3b